

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平8-510564

(43) 公表日 平成8年(1996)11月5日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	Z
G 0 2 F 1/01		7625-2K	G 0 2 F 1/01	
1/13	5 0 5	772A-2K	1/13	5 0 5
H 0 4 B 10/02		7739-5J	H 0 4 B 9/00	T

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願平7-500975  
 (86) (22) 出願日 平成6年(1994)5月26日  
 (85) 翻訳文提出日 平成7年(1995)12月1日  
 (86) 国際出願番号 PCT/US94/05976  
 (87) 国際公開番号 WO94/28456  
 (87) 国際公開日 平成6年(1994)12月8日  
 (31) 優先権主張番号 08/070,591  
 (32) 優先日 1993年6月1日  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 08/125,607  
 (32) 優先日 1993年9月22日  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 ベル コミュニケーションズ リサーチ,  
 インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 07960 ニュージャージ  
 ー州 モーリスタウン サウス ストリ  
 ー 445  
 (72) 発明者 バテル, ジャヤンティラル, シヤムジブハ  
 イ  
 アメリカ合衆国 07701 ニュージャージ  
 ー州 レッド バンク アレクサンダー  
 ドライブ 55  
 (74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏光回転を用いた周波数選択光スイッチ

## (57) 【要約】

物理入力チャンネル上の個々の光信号を、選択された出力チャンネルにスイッチすることができる周波数選択光スイッチ。回折格子 (12) は入力チャンネル (10) を空間的に分割して周波数コンポーネントにする。周波数コンポーネントは液晶変調器 (24) の異なるセグメントを通過する。液晶変調器のセグメント (20, 22) は、個々に制御され、各セグメントを通過している周波数チャンネルの偏光を回転させるか、その偏光をそのままにする。そして、それら周波数チャンネルは偏光発散要素 (28) を通過する。偏光発散要素 (28) により、ビーム (14, 16) は、偏光によって横方向に空間的に分離される。第2回折格子 (40) は、同一の偏光を有する周波数コンポーネントを再結合して複数の出力ビーム (42, 44) にする。

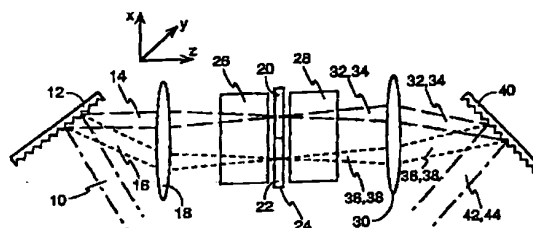


図1

## 【特許請求の範囲】

1. 第1軸に関係付けて配置した複数の偏光変調器を有し、複数の入力光ビームを受け、該複数の入力光ビームの偏光状態を変調するセグメント化された偏光変調器と、

該セグメント化された偏光変調器の出力を受け、前記第1軸からオフセットされた軸に沿った出力を、該出力の偏光状態に従って発散させて、偏光発散された複数の出力にする偏光発散媒体と  
を備えたことを特徴とする光スイッチ。

2. 請求項1において、少なくとも1つの第1入力信号を受信し、受信された第1入力信号をその周波数に従って発散させて少なくとも1つの入力光ビームにする第1周波数発散要素をさらに備えたことを特徴とする光スイッチ。

3. 請求項2において、前記偏光発散媒体の発散された出力を受け、その出力の周波数コンポーネントを結合して複数の偏光発散された出力にする第2周波数発散要素をさらに備えたことを特徴とする光スイッチ。

4. 請求項3において、前記変調器は液晶変調器であることを特徴とする光スイッチ。

5. 周波数発散要素および偏光発散要素の第1組合要素であって、結合された入力ビームを分割して、周波数発散され偏光発散された少なくとも4つのビームであって、空間的に2つの横方向に発散されたビームにする第1組合要素と、

前記少なくとも4つの入力ビームを受ける複数のセグメントであって、個々に制御される複数のセグメントを有し、前記少なくとも4つの入力ビームの偏向特性を制御するセグメント化された偏光変調器と、

周波数発散要素および偏光発散要素の第2組合要素であって、前記偏光変調器の出力を受け、偏光および周波数に従って、前記偏光変調器の出力を再結合して

結合された出力ビームにする第2組合要素と

を備えたことを特徴とする光スイッチ。

6. 請求項5において、前記第1組合要素は、複数の周波数分割された光信号の第2の結合されたビームを受け、

- 前記変調器は、前記第1および第2の結合されたビームを共に変調し、  
前記第2組合要素は、前記変調器の変調より得られた偏光に従って、前記第1および第2の結合されたビームを結合すること  
ことを特徴とする光スイッチ。
7. 請求項5において、前記第1組合要素は、複数の第1入力信号を受信し、受信された第1入力信号の周波数に従って、第1入力信号を発散させて、複数の光ビームにすることを特徴とする光スイッチ。
8. 請求項7において、前記第2入力信号を受信し、前記第1組合要素に出力を供給する第2偏光発散要素をさらに備えたことを特徴とする光スイッチ。
9. 請求項8において、前記第2組合要素の出力を受け、その出力を再結合して、それぞれ、波長分割多重化された出力ビームにする第3偏光発散要素をさらに備えたことを特徴とする光スイッチ。
10. 請求項9において、前記第2偏光発散要素により発散されたビームが入射されるように配置した偏光回転子をさらに備えたことを特徴とする光スイッチ。
11. 請求項5において、前記偏光変調器は、セグメント化された液晶変調器を備えたことを特徴とする光スイッチ。
12. 入力ビームを受け、該入力ビームを周波数に従って発散させ、複数の第1ビームにする周波数発散要素と、

前記第1ビームを受け、対応する第2ビームを出力する偏光発散要素と、  
セグメント化された液晶偏光変調器であって、該液晶偏光変調器の各セグメントにより前記第2ビームを受け、該第2ビームの偏光を選択的に回転させて、第3ビームを形成する液晶偏光変調器と、

前記第3ビームを反射させて前記液晶偏光変調器と、前記偏光発散要素と、前記周波数発散要素を通過させるレフレクタと  
を備えたことを特徴とする光スイッチ。

13. 入力波長分割多重化された信号を周波数分割して周波数分割されたコンポーネントにするステップと、

前記周波数分割されたコンポーネントを、偏光に従って選択的に変調するステ

ップと、

該変調され周波数分割されたコンポーネントを、該コンポーネントの偏光状態に従って分割して、偏光分割されたコンポーネントにするステップと、

前記偏光分割されたコンポーネントを偏光に従って再び結合するステップとを備えたことを特徴とする波長分割多重化された信号をスイッチングする方法。

## 【発明の詳細な説明】

偏光回転を用いた周波数選択光スイッチ

## 関係出願

本出願は、米国特許08/070,591号（1993年6月1日登録）の一部継続出願である。

## 技術分野

本発明は、液晶装置に関する。本発明は、特に、マルチ周波数通信システムにおけるスイッチングに有用な液晶および同様の装置に関する。

## 背景技術

通信ネットワークは、高速で安価に伝送を行なうために、光ファイバにますます依存している。光ファイバは、元来、高速同軸ケーブルや低速ツイストペア・ケーブルのような電子伝送媒体に代わる光学的な伝送媒体である。しかし、高速光ファイバでさえも、送受信側のエレクトロニクスにより制約され、伝送速度は、40Gb/sのシステムが試作されてはいるが、一般的には、数Gb/sである。このような高速電子システムは、高価であり、多Tb/sで測定される光ファイバ・システム固有の帯域幅を十分に活用していない。

全光 (all-optical) 伝送システムは、主要な伝送パスの一部にエレクトロニクスを用いているシステムよりも、固有の利点が多い。波長分割多重化 (WDM) により、単一の光ファイバで搬送される異なるキャリア周波数に、同様に単一の光ファイバで搬送される異なるデータ信号が電子的に印加される。最も初期のWDMシステムでは、光スイッチングは提供されないものの、ポイント・ツ・ポイントWDMのみが提供された。近年の研究・開発で示唆されているように、個々

のWDMチャネル（キャリア周波数）を、光信号を電子信号に変換することなく、異なる方向にスイッチングすることができるスイッチング・ノードを有する全光ネットワークを構築することができる。このような光スイッチングを、単純な光学構成要素により達成することができる場合は、光ネットワークを比較的低コストで構築することができ、さらに、高速度エレクトロニクスを、システムの全スループットに速度を求める端末装置に限定するのではなく、個々のチャネルの

みに速度を求める端末装置に限定することができる。

しかし、このような光スイッチングは、スイッチングされたチャネルを効率的に分離する必要がある。クロストークは最低20 dBが必須であり、35 dBである場合は妥当な設計要求であり、40 dBである場合は良好である。また、スイッチング帯域は、光トランスミッタの大きな周波数変動、特に、直接変調されたレーザ源の周波数チャープに起因する周波数変動に適応するため、比較的広くした方がよい。すなわち、スイッチの周波数帯域は、送信周波数がいくぶん変動するときでさえ、光トランスミッタで登録された周波数帯域でなければならない。スイッチング帯域を広くし、しかも、クロストークを小さくするには、フラット・トップなスイッチ・スペクトルが必要である。さらに、幾分小型のWDMスイッチは、そのサイズが $24 \times 4$ であり、2本の物理入力ファイバと、2本の出力ファイバが、それぞれ、4つのWDMチャネルを有し、4つのWDMチャネルは、いずれかの入力から、いずれかの出力に自由にスイッチングされる。

Cheung他は、米国特許第5,002,349号で、音響光学調整可能フィルタ(AOTF)を、このようなWDMネットワーク上のスイッチング・ノードまたは端末装置のいずれかで使用することを提案している。しかし、AOTFは、隣接する周波数を有する信号間でクロストークが生じるというような固有の問題を多く抱えている。このような問題があるため、これまで、AOTFを通信ネットワークで採用することができなかった。おそらく、AOTFの物理的な機構により、良好なフラット・トップ応答ができなくなるものと思われる。

Patelは、時には共同発明者とともに、液晶フィルタをこのようなWDM通信ネットワークに用いることを提案している。例えば、米国特許第5,111,321

号および米国特許第5,150,236号を参照されたい。実際、Patelは米国特許第5,111,321号で、液晶システムは、DROP-ADD回路として使用することができることを提案している。しかし、このようなシステムはインプリメントするのが困難に思える。

Weinerと協力者は、周波数分割されたコンポーネントを、光信号により、別々に、位相変調または振幅変調を行なうことができる方法を開示しており、入力信

号を、空間的に分離された周波数コンポーネント（これら周波数コンポーネントをセグメント化された変調器が別々にオペレートする）に分割するため、回折格子を用いている。例えば、Heritage他に付与された米国特許第4,685,547号を参照されたい。Patel他は、米国特許第5,132,824号で開示したように、液晶変調器を導入したシステムにこのコンセプトを応用した。

多重化のために、WDMシステムで回折格子を用いることは、Nishi他により、"Broad-passband-width optical filter for multi/demultiplexer using a diffraction grating and a retroreflector prism," Electronics Letters, vol. 21, 1985, pp. 423-424に記載され、Shirasaki他により、"Broadening of bandwidths in grating multiplexer by original dispersion-dividing prism," Electronics Letters, vol. 22, 1986, pp. 764-765に記載されている。

しかしながら、従来技術には、WDM通信システムのための効率的かつ経済的な光スイッチが開示されていない。

#### 発明の背景

要約すると、本発明に係るものは、光スイッチであり、セグメント化された液晶変調器を用いたものが好ましい。このスイッチにより、入力信号は、入力信号の周波数コンポーネントに従って複数の出力に分割される。特に、入力信号は周波数コンポーネントに空間的に分割され、周波数コンポーネントは液晶偏光変調器の異なるセグメントを通過する。異なる周波数コンポーネントは、偏光変調器により印加された偏光に依存しており、偏光デバイダにより分離される。そして、

周波数分割されたコンポーネントは、コンポーネントの偏光に従って再び結合され、光周波数に従って選択的に分離された2つ以上の出力信号が生成される。

#### 図面の簡単な説明

図1、図2、図3は、それぞれ、本発明に係る偏光感知1×2スイッチを示す平面図と、立面図と、等角図である。

図4、図5、図6は、それぞれ、本発明に係る偏光感知2×2スイッチを平面図と、立面図と、等角図である。

図7, 図8, 図9, 図10は本発明の実施の形態に係る実験データを示すグラフである。

図11は本発明に係る偏光感知を説明する立面図である。

図12はウォラストン・プリズムを用いた本発明に係る偏光感知を説明する立面図である。

図13は偏光感知を説明する図11の実施の形態の拡張例を示す立面図である。

図14は本発明に係るスイッチの反射例を説明する実施の形態を示す立面図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明は、光入力信号を、空間的に分離されたチャンネルに周波数分割し、周波数分離されたチャンネルの偏光特性を選択的に変更し、さらに、周波数分離されたチャンネルを偏光特性に従って空間的に分割し、同様の偏光特性を有するチャンネルを再び組み合わせることにより、周波数多重化されたマルチチャンネルの光信号の全光スイッチングを行なうものである。セグメント化された液晶変調器は、物理的に分離されたチャンネルの変更を選択的に偏光するのが好ましい。

まず、偏光感知の実施の形態を図1に断面図で示す。比較的広帯域の入力ビー

ム10は、回折格子12のような入射周波数発散媒体に入射される。入力ビーム10はx方向に偏光されているものと仮定する。他の活動的あるいは受動的な発散媒体、例えば、プリズムのような発散媒体も可能である。周波数発散媒体12は広帯域入力ビーム10を分割して、複数の周波数分離された入力ビーム14および16にする。入力ビーム14および16は図示したx方向に空間的に分離されている。入射レンズ18は周波数分割されたコンポーネントを、セグメント化された液晶複屈折変調器24の個々のセグメント20および22上に合焦させる。複屈折結晶、例えば、方解石のような入射偏光発散要素26は、入力ビームの異なる偏光コンポーネントを空間的に分離するため、入射側に配置されるが、この効果は、図1の第1の実施の形態では明らかではなかった。というのは、入力ビーム10は線形に偏光されx軸に沿うと仮定したからである。



周波数分割された入力ビーム14および16の数と、液晶セグメント20および22の数は、スイッチングを必要とする光学的な媒体（光ファイバ）上のWDM数に依存する。4つの周波数副帯域は、価値ある電気通信システムを提供する。セグメント化された液晶変調器24のセグメント20および22は、物理的に分離された周波数分割入力ビーム14および16の偏光方向の変更と、他の偏光特性の変更を別々に制御することができる。セグメント20または22は、最も単純な場合、それぞれ、適正に偏光され周波数分離された入力ビーム14または16の偏光を90°線形に回転するか、あるいは、入力ビーム14または16の偏光を回転しないかのいずれかを行なう。ツイステッド・ネマチック液晶変調器は、このような性能を有する。

周波数分離されたビーム14および16は、液晶変調器24を通過した後、図2に図示する出射偏光発散要素28を通過し、出射偏光発散要素により、それぞれの偏光コンポーネント32, 34および36, 38にさらに分離される。出射レンズ30はこれらのビームを再びコリメートする。出射周波数発散媒体40、例えば、別の格子のような周波数発散媒体は、入射周波数発散媒体123に対して相互に作用し、周波数分離されたビームと、偏光分離されたビームを、再び、結合し、偏光分離されたビーム42, 44のみにする。偏光分離されたビーム42, 44は、後程図示するが、同様に、空間的に分離される。図2をより詳細

に説明する。2つの周波数ビーム14および16はx軸上にある。2つの入力ビーム14および16は、偏光されx軸に沿うため、入射偏光発散要素26によって影響を受けないものと仮定する。この仮定により、図1および図2に示すシステムは、偏光を感知するものであることは明らかである。その結果、入射偏光発散要素26は、偏光を感知し、単一の入力の例であるこの実施の形態では必要ではない。同時に、図1および図2を説明するとともに、図1および図2の中央部分の等角図である図3を説明する。セグメント化された液晶変調器24の第1セグメント20に活動的にバイアスがかけられないとき、液晶変調器24により、第1周波数の入射ビーム14の偏光が90°回転され、そのビームが出力偏光発散要素28を通過するとき、下方に変位され、y軸に沿い、第1周波数を有し変

位された出力ビーム34になる。一方、第1セグメント20に活動的にバイアスがかけられた場合は、第1セグメント20により、第1周波数の入射ビーム14の偏光は回転されない。その結果、入射ビーム14は空間的に変位されずに、出力偏光発散要素28を通過し、第1周波数を有する変位されていない出力ビーム32になる。同様に、第2セグメント22を活動的にバイアスすると、第2周波数を有する入射ビーム16は、その偏光が $90^\circ$ 回転され、出力偏光発散要素28により、第2周波数を有する変位された出力ビーム38に変換される。入射ビーム16は、バイアスが活動的でないとき、その偏光は影響を受けないが、発散要素28により、第2周波数の変位されない出力ビーム36に変換される。そして、出力周波数発散要素40により、第1および第2周波数の変位されない出力ビーム32および36は、変位されない複合出力ビーム42に再び結合され、第1および第2周波数を有する変位された出力ビーム34および38は、変位された複合出力ビーム44に再び結合される。

そのため、液晶変調器24のセグメント20および22の両方にバイアスをかけることにより、入射ビーム14および16の一方または両方を、出力ビーム42および44のいずれのビームにするかが決定される。以上、偏光感知1×2スイッチを説明した。

図4、図5、図6を説明する。第2入力ファイバは第2入射ビーム46を出力する。第2入射ビームは垂直方向に角度を付けて入射周波数発散要素12に当たる。

り、角度分離され周波数分離された複数のビーム48および50を生成する。第2入射ビームがy軸に沿って偏光され、入射偏光発散要素26によりy軸に沿って屈折されるものと仮定する。入力周波数発散要素12の角度分解能と、第1偏光発散要素26の複屈折長は、2つの入力ビーム10および46からのコンポーネントであって、同一周波数を有するコンポーネントが、セグメント化された液晶変調器24の同一セグメント20または22上に合焦するような角度分解能であり、複屈折長である。その結果、液晶変調器24のセグメント化された各偏光回転子は、同一周波数を有するWDMコンポーネントの両方を、同一の偏光角度回転させるか、あるいは、回転させないかのいずれかを行なう。液晶変調器24

は、偏光を $90^\circ$ 回転させるか、あるいは回転させないのが好ましい。すなわち、1対のビーム14, 48または1対のビーム16, 50のいずれか一方の線形偏光方向は、逆転するか、あるいは、そのままのいずれかである（角度 $180^\circ$ 以内）。

第2偏光発散要素28は、第1偏光発散要素26に対して逆に働くように方向づけしてある。偏光されx軸に沿ったビーム32および36は、屈折されないが、偏光されy軸に沿ったビーム34および38は、第2偏光発散要素28により屈折され、正規の伝播経路に向かう。しかし、出射レンズ30は出力ビーム42からの出力ビーム44を角度分離する。

DROP-ADD回路の用語では、入力ビーム10はINチャンネルであり、入力ビーム46はADDチャンネル、出力ビーム42はOUTチャンネル、出力ビーム44はDROPチャンネルである。

図に示す回路の手段により、液晶変調器24の周波数用セグメント20または22は、2つの多周波数入力ファイバ上の同一周波数のチャンネル対が、異なる出力ファイバにスイッチングされるか否かを決定する。当然のことながら、2つの周波数チャンネルにより、2つのセグメント20および22を別々に制御することができる。

2つの周波数チャンネルのみを記載したが、当然、別々に制御された追加のセグメントをx方向に有する液晶変調器20によって、より多くの周波数チャンネルを適合させることができる。

上記の実施の形態は、入力信号の偏光を感知する形態である。しかし、多くの場合、入力光の偏光は制御することができない。単に入力偏光器を用いるだけでは不十分である。というのは、全ての光がなくなる虞があるからであり、また、偏光状態が時間とともにランダムによく変動するので、偏光により輝度が変動するからである。しかしながら、本発明によれば、偏光を感知しないようにすることができる。

図11に示すように、方解石結晶のような第1偏光発散要素60は、入力ビーム62を2本の偏光分離されたビーム64および66に分割する。ビーム64お

よび66のうちの一方のビームは常光線64であり、他方のビームは異常光線66である。ビーム64および66のうちの一方のビーム、図示の場合では、異常光線66は、偏光を $90^\circ$ 回転させる $1/2$ 波長板のような偏光コンバータ68を通過し、ビーム64および66は、共に、同一の明確な偏光特性、ここでは、 $x$ 軸に沿った線形な偏光を有するようになる。ビーム64および66は、入射レンズ18により、液晶変調器24の同一のセグメント20または22に合焦される。この液晶変調器24はビーム64および66の両方のビームに作用し、偏光をそのままにするか回転させるか、あるいは、両方のビームを結合するかのいずれかを行なう。そして、両方のビームは、出射偏光発散要素28により偏光に従って空間的に分離される。回転されない場合は、ビーム80および82に分離され、回転された場合は、ビーム84および86に分離される。もう2つの偏光回転子88および90は、2本のビーム82および84に配置される。出射レンズ30はビーム80～86を再びコリメートし、第2偏光発散要素92は第1偏光発散要素60に対して逆に働いて、ビーム80および82を結合し複合OUTビーム44にし、ビーム84および86を結合して複合DROPビーム96にする。

周波数発散ビームは、図示しないが、図4に示すビームと同様に構成されている。本実施の形態を、追加のADD入力ビーム98を有する $2 \times 2$  DROP-ADD回路に容易に拡張することができる。この拡張は、入射側に、追加入力のための偏光回転子を含むことにより行なう。

上記の実施の形態の説明は、幾分論理的になったが、次の説明では、設計上考

慮すべきことも含めることにする。 $f$ は2つのレンズ18および30の焦点距離とする。 $d_1$ は内部偏光発散要素26および28の横方向シフトとする。 $d_2$ は外部偏光発散要素60および92の横方向シフトとする。 $L$ は入力偏光発散要素60とそれに関連するレンズ18との間の距離とする。スイッチされた(異常)光線は、正規の焦点から $d_1$ だけシフトされた仮想焦点を有する。そのため、異常光線および常光線は、入力および出力常光線に対して $d_1/f$ の角度をなす。 $f = 100\text{ mm}$ であり、 $d = 100\text{ mm}$ である場合は、角度は $0.02$ ラジアン、

すなわち、約 $1^\circ$ である。入力主常光線を、各周波数に対して、 $x=0$ と定義するものと仮定する。そうすると、常光線は  $x=-d_2$ の位置にある。レンズ18または30のADD（または、DROP）チャネルの常および異常光線は、それぞれ、 $x=d_1$ および $x=d_2-d_1$ に位置する。外部の結晶では、常および異常のビームは $x=1d_1/f-d_1$ および $x=1d_1/f-d_1-s$ の位置にある。常および異常光線がこの点でオーバーレイするには、 $L=f$ であることが必要である。

先の実施の形態では、偏光発散要素として、方解石結晶または同様の一軸媒体を用いた。ウォラストン・プリズムを用いると、都合よく設計することができる。このようなプリズムは2つの方解石のプリズムを有し、これら2つの方解石のプリズムが、例えば、方解石の常屈折率と異常屈折率の中間の屈折率を有する素材の薄層により分離されたプリズムである。2つのコンポーネント・プリズムは、光線の1本が中間薄層により内部に完全反射するように方向づけられている。その結果、常および異常光線は角度分離される。

ウォラストンプリズムを利用した偏光感知の実施の形態を図12に示す。垂直の構造は図4に示す構造と非常に似通っている。図1、図2、図3の入射および出射方解石結晶26および28を、入射および出射ウォラストン・プリズム110および112に置き換える。ウォラストン・プリズム110および112の複屈折厚さと、2つのレンズ18および30の焦点距離は、2本の光学入力ビーム14および16、すなわち、INおよびADDビームが、入射ウォラストン・プリズム110の境界面に合焦されるように調整する。入射ウォラストン・プリズム110の境界面は、（異なる偏光の）ビーム14および16が液晶変調

器24を通過するとき一致するような長さにする。入力ビーム14および16を平行にすることができるのが好ましい。出力側の設計も同様にすると、2本の出力ビーム42および44、すなわち、OUTおよびDROPビームを平行にすることができる。

#### 実施例

上記の実施の形態に従って、スイッチを製作し検査した。この設計では、チャ

ネル間に4 nmの空間がある6個のチャンネルのうちの1つ以上のチャンネルを切り換え、2 nmの波長分解能を有する。液晶変調器は、市販のE7ネマチック液晶が充填してあり、90°のねじれを施してある。偏光発散要素にはウォラストン・プリズムを用いた。製作方法はその多くは詳細に本特許出願に記載したが、良く引用されるPatel特許にも詳細に説明されている。スイッチの設計では、

1. 5  $\mu\text{m}$ に適性化した。実験に用いたプロトタイプで実証したように、吸光率は、偏光子をスイッチした状態とスイッチしていない状態の間で、少なくとも35 dBであった。図7および図8に、スイッチングが行なわれなかったとき、スイッチしていない出力チャンネルと、スイッチされた出力チャンネル上の光学的パワースペクトルを示す。すなわち、図8はスイッチしていない4つのチャンネルでの残留出力を示す。縦の目盛りにした出力レベルは、いくぶん一定でないが、8 dBのシステム損失を反映したものである。図9および図10は、それぞれ、第1および第3チャンネルがスイッチされたときの、スイッチされていない出力と、スイッチされた出力の光学的スペクトルを示す。当然、本発明にかかるシステムはWDMチャンネルを効率的にスイッチする。

ウォラストン・プリズムを用いた実施の形態では、偏光に感知しないようにすることができる。これは、図13に示すように、第1および第2偏光発散要素60および92（方解石結晶またはそれに類似した素材が好ましい）を、入力および出力側に含むことにより行なうことができる。1/2波長板120、122および124は、横方向に変位されたビームの経路に配置され、入力ADDビームの両方のビームの経路に配置される。1/2波長板124の幅が広いと、IN

ビームおよびADDビームが一致するように液晶変調器24のセグメントを通過するとき、INビームおよびADDビームの偏光を異ならせることができる。同様に、1/2波長板126、128および130は、変位される出力ビームと、DROPビームの両方のビームに配置される。

パーツ・コールの回数は、反射器を用いて、しかも、逆反射器モードで動作することにより大幅に減少させることができる。図14に示すように、入力ビーム14は、図示しない格子から屈折した後、レンズ18のオフセンタに当たり、主

光軸に対して斜めに屈折する。この入力ビームはx軸に沿って偏光されるので、屈折しないで偏光発散要素26を通過する。偏光発散要素26は方解石またはウォラストン・プリズムでもよい。そして、この入力ビームは、セグメント化された液晶偏光変調器システム140の1つのセグメントを通過する。この液晶偏光変調器システム140は、既に記載した液晶偏光変調器と異なり、2回往復した後のみに、偏光を選択的に90°回転させる。そして、この光はミラー142で反射され、再び、偏光変調器140を通過する。変調器140の活動的にバイアスをかけたセグメントを、光が通過しても、光の偏光は回転せず、活動的でないバイアスをかけたセグメントを、光が通過すると、光の偏光は合計して90°回転する。偏光が回転された光は偏光発散要素26により変位され、屈折した後、第1出力ビーム144として出力されるが、偏光が回転されない光は第2出力ビーム146として出力される。2本の出力ビーム144および146は、物理的に容易に分離できるように、角度変位される。

第2入力ビーム46が偏光されy方向に沿うと仮定した場合、レンズ18には、第1入力ビーム14に対して、斜めであるが、全般的に軸位置からはずれた同一位置に当たる。偏光が異なると仮定したので、偏光発散要素26はそれらの偏光に逆に作用するが、セグメント化された偏光変調器140は、それらの偏光状態の両方を同時に回転する（あるいは、回転しない）。逆方向の伝播では、屈折格子は、セグメント化された偏光変調器140により決定されたように、光学周波数キャリアを再び結合して、任意のADDおよびDROPチャネルにする。図14に示す光スイッチを、他の実施の形態で用いた技術を用いて、周波数に感知しないようにすることができる。

本発明に係る液晶変調器により周波数発散を行なうことにより、変調器は、信号の異なる周波数コンポーネントの位相および/または振幅を、同時に、変化させることができる。このように調整することにより、光ファイバの周波数発散をさらに補正することができ、異なるチャネル間の振幅を等しくすることができるという特別な効果を有する。

上記実施の形態では、周波数発散要素を偏光発散要素の外側に配置したが、当

然、2つの発散を逆順で行なうことができ、しかも、同時に行なうことができる。従って、本発明では、多数の関連する構成を用いることができ、それらの構成は、経済的な全光多周波数スイッチを提供するのに有用である。偏光変調器が、セグメント化された液晶変調器である場合、そのシステムを構築するのは共に容易であり、しかも、その変調器は、リラクストド・システム設計と一致する伝達特性を有する。

【図1】

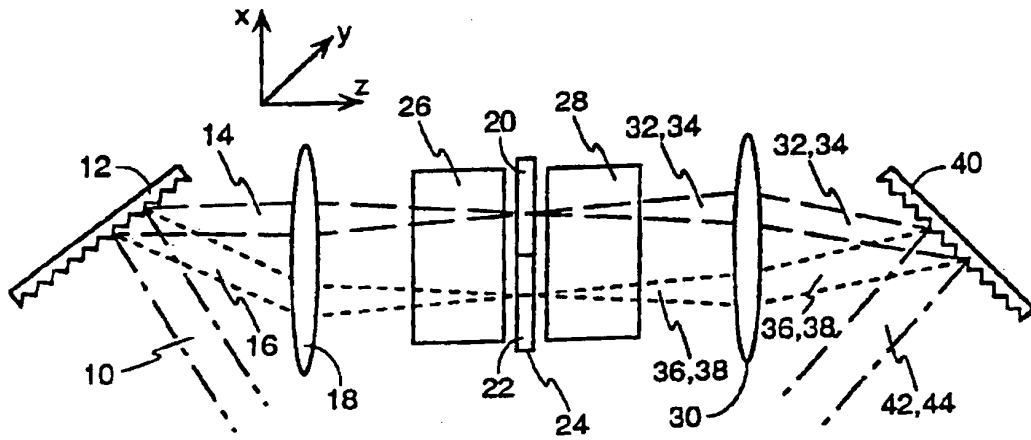


図1



【図2】

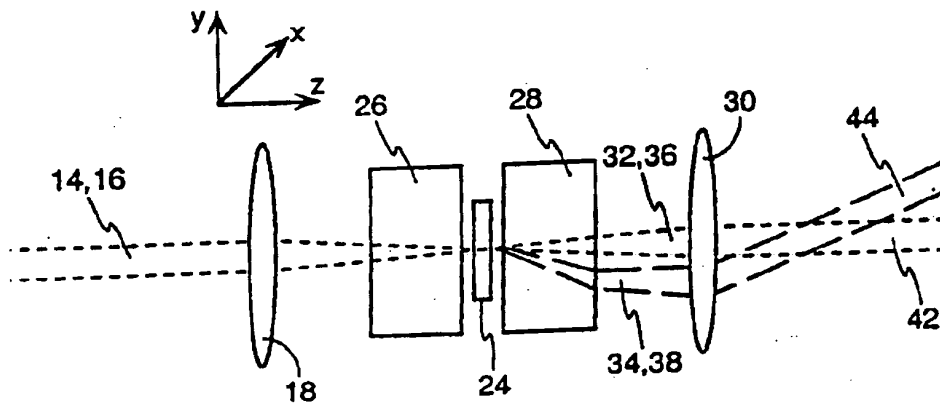
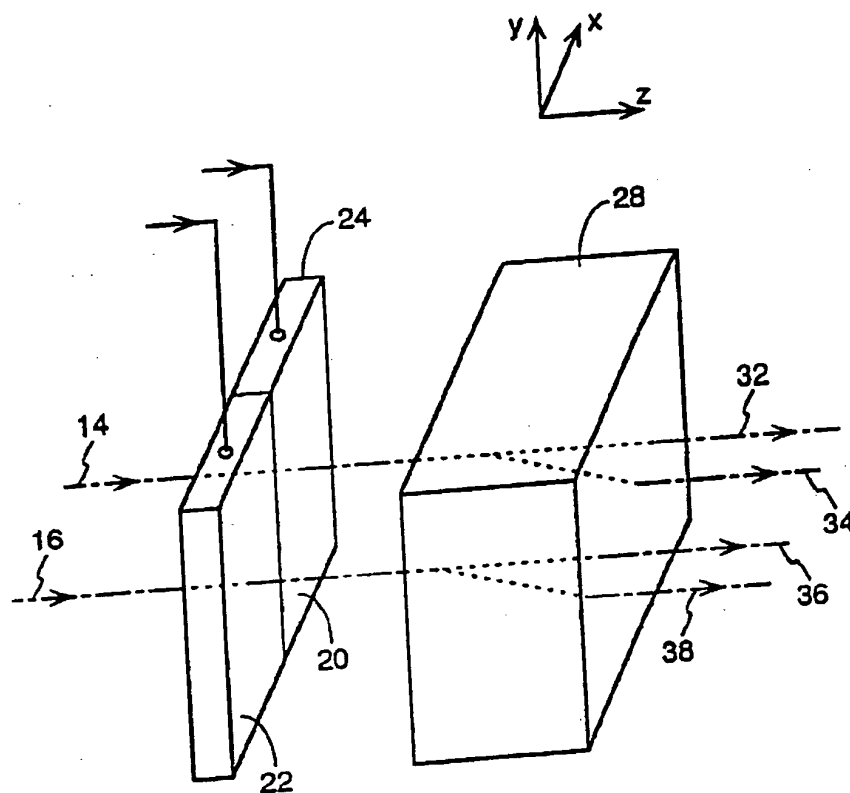


図 2

【図3】



【図3】

(19)

【图4】

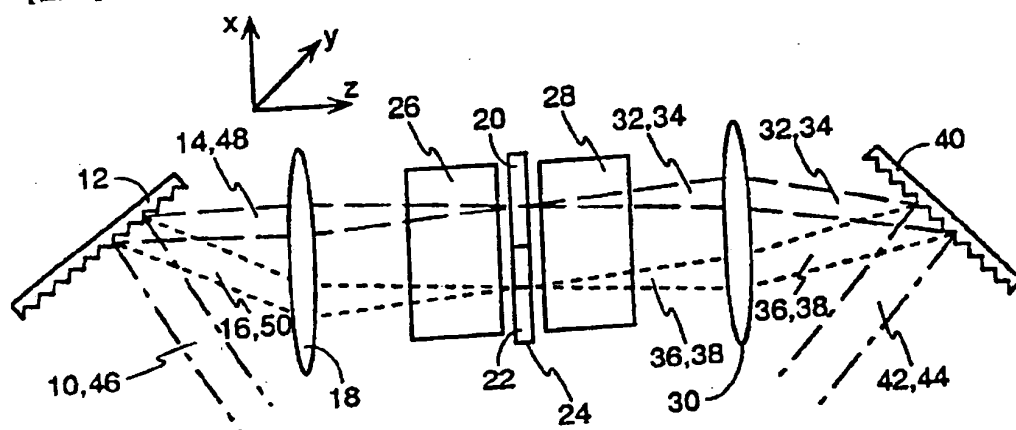


图 4

【图5】

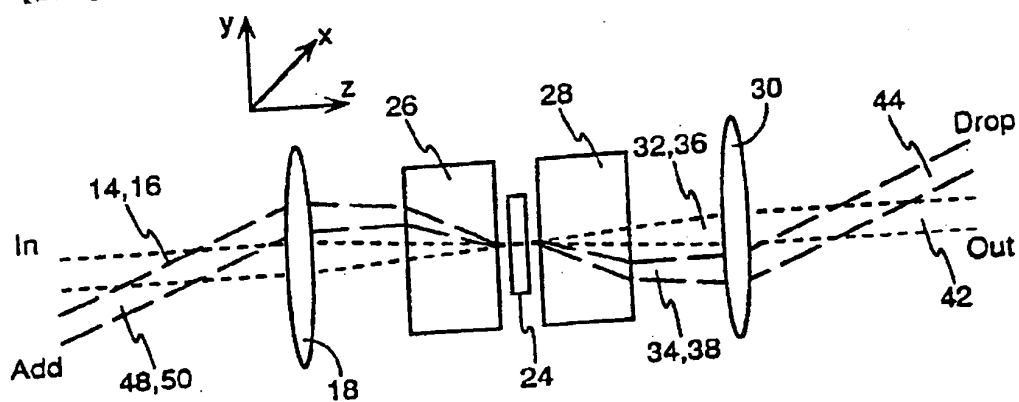


图 5

【図6】

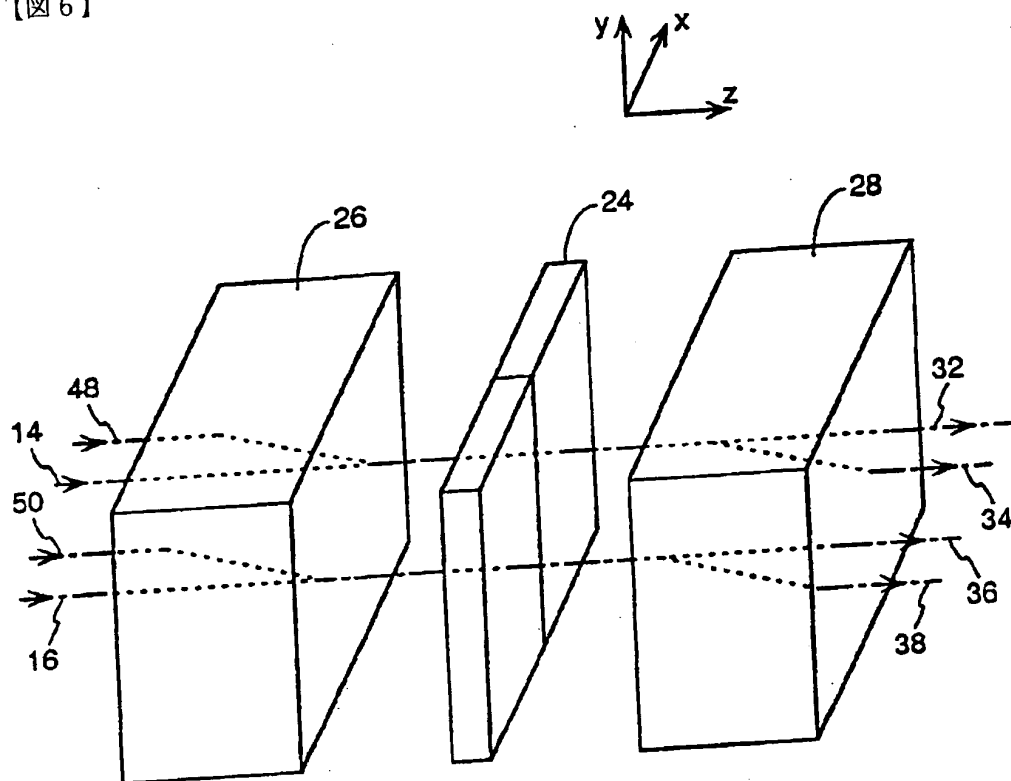


図 6

【図7】

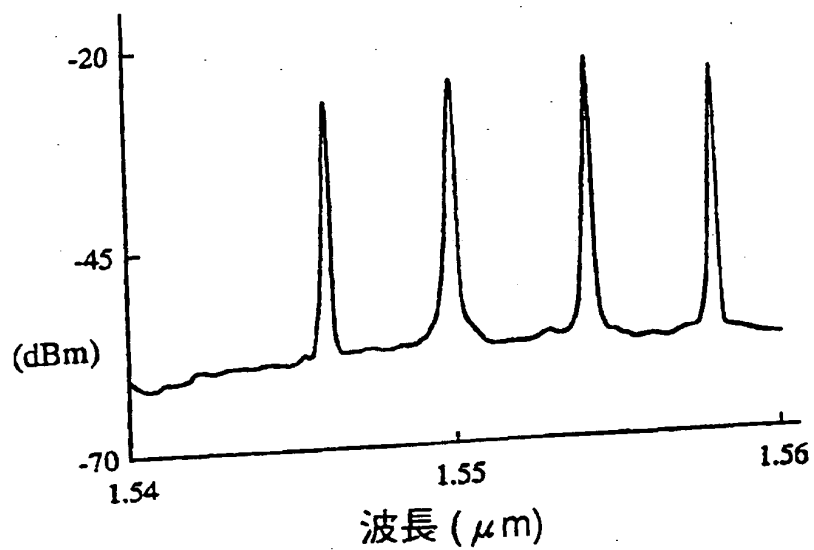


図7

【図8】

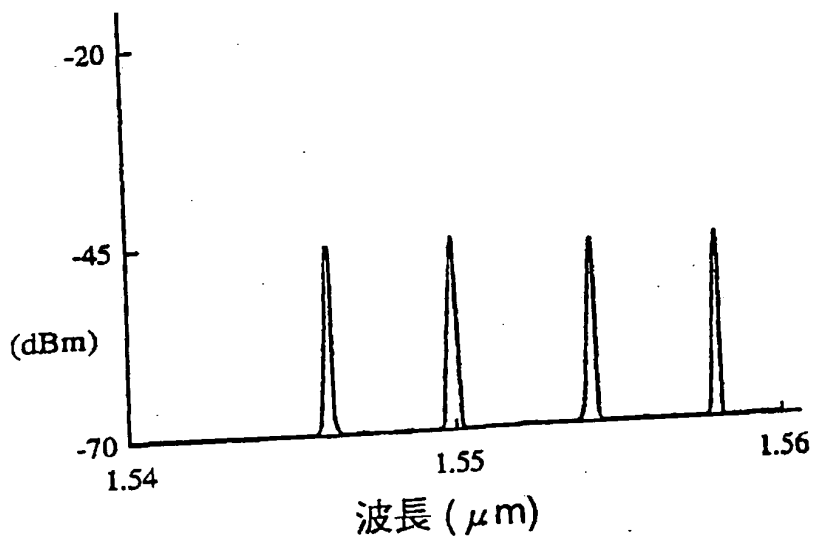


図8

【図9】

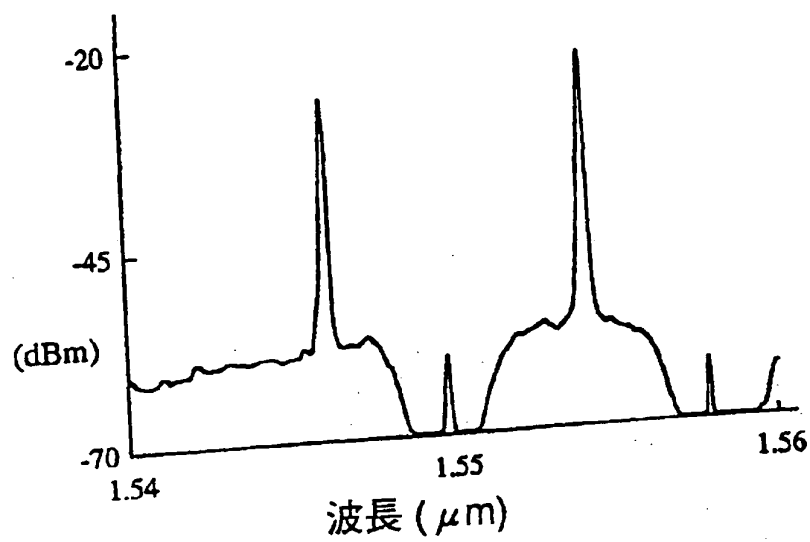


図9

【図10】

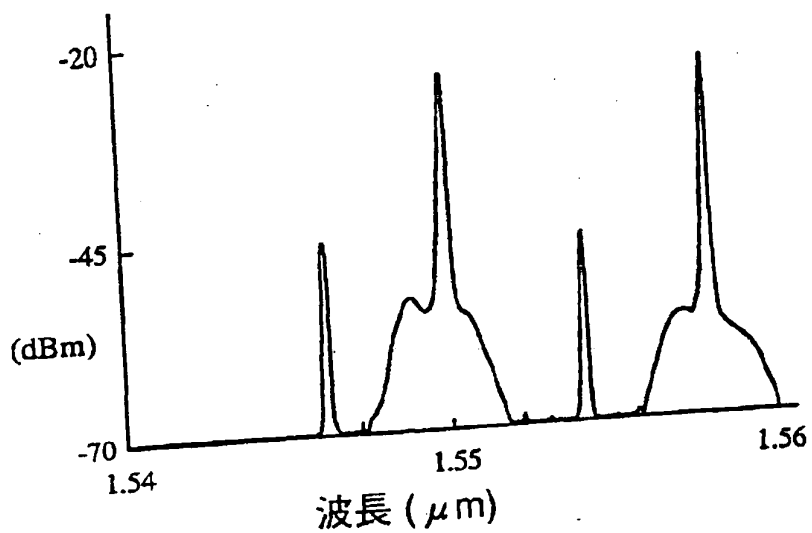


図10

(23)

【図11】

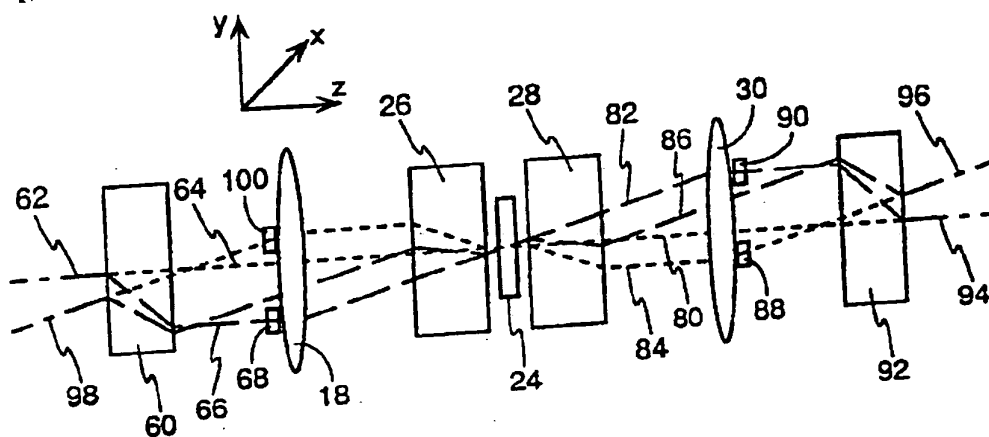


図11

【図12】

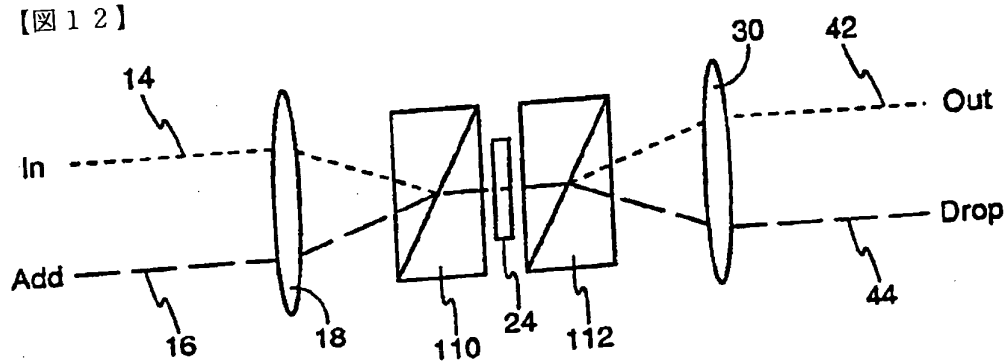


図12

【図13】

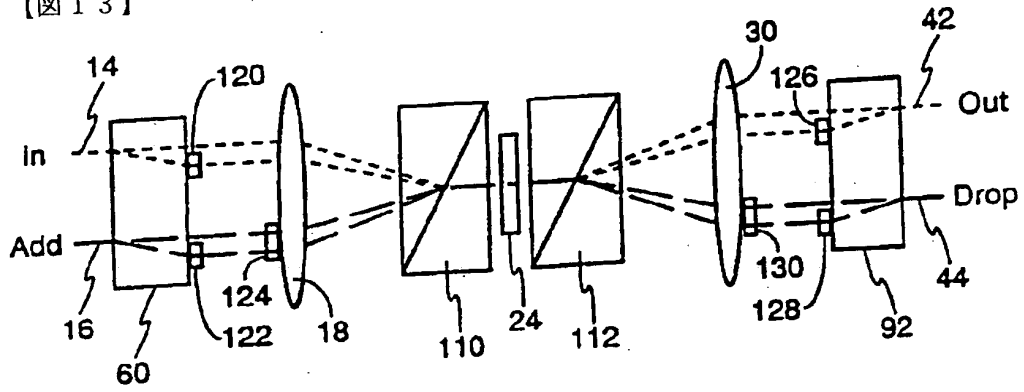


図13

【図14】

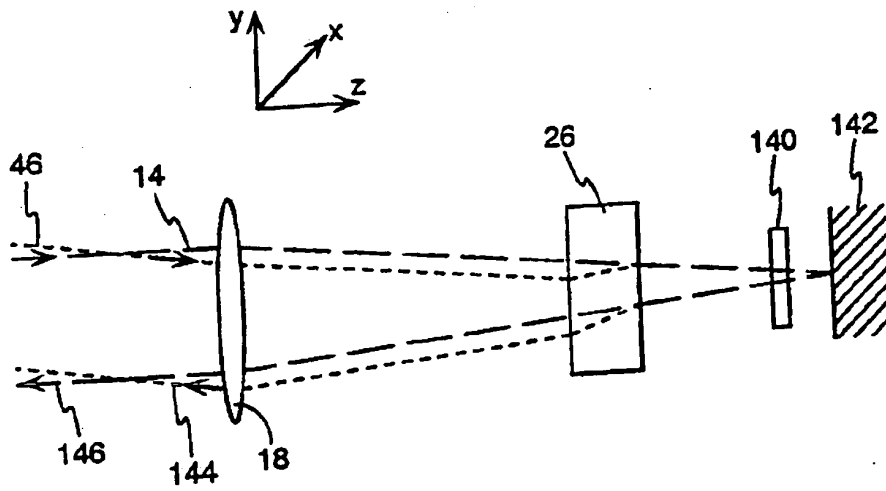


図14



【手続補正書】特許法第184条の8

【提出日】1995年3月10日

【補正内容】

請求の範囲

1. 入力ビームを受け、該入力ビームを周波数に従って発散させて複数の第1ビームにする周波数発散要素と、  
前記第1ビームを受け、該第2ビームに対応させて出力する偏光発散要素と、  
セグメント化された液晶偏光変調器であって、該液晶偏光変調器の各セグメントにより前記第2ビームを受け、該第2ビームの偏光を選択的に回転させて、第3ビームを形成する液晶偏光変調器と、  
前記第3ビームを反射させて前記液晶偏光変調器と、前記偏光発散要素と、前記周波数発散要素を通過させるレフレクタと  
を備えたことを特徴とする光スイッチ。
2. 第1および第2入力光信号を受信し、受信された該第1および第2入力光信号の周波数に従って、該第1および第2入力光信号を発散させて、発散されたビームするための入射周波数発散要素と、  
前記発散された光ビームを受ける集束レンズと、  
個々に制御される複数のセグメントを有するセグメント化された偏光変調器であって、前記集束レンズの焦点距離に実質上配置してあり、前記発散された光ビームの個々の要素の偏光特性を選択的に制御するためのセグメント化された偏光変調器と、  
前記集束レンズと前記セグメント化された偏光変調器の間に配置した第1偏光発散要素と、  
前記セグメント化された偏光変調器の前記第1偏光発散要素とは逆側に配置した第2偏光発散要素であって、前記セグメント化された偏光変調器の発散された出力を受け、前記発散された出力の個々の要素を、該個々の要素の偏光に依存して、空間的に変位させる第2偏光発散要素と、  
該第2偏光発散要素の出力を受けるための出射レンズであって、前記セグメント化された偏光変調器から前記出射レンズの焦点距離だけ実質的に離れた位置に位

置させた出射レンズと、

第2集束レンズからの発散された出力を受け、該出力の周波数コンポーネントを結合して個々の出力光信号にする出射周波数発散要素とを備えたことを特徴とする光スイッチ。

3. 請求項2において、前記セグメント化された偏光変調器は、液晶変調器であることを特徴とする光スイッチ。

4. 請求項3において、前記入射および出射周波数発散要素は、格子であることを特徴とする光スイッチ。

5. 請求項2において、前記第1および第2偏光発散要素は、複屈折結晶であることを特徴とする光スイッチ。

6. 請求項2において、前記第1および第2偏光発散要素は、ウォラストン・プリズムであり、

前記集束レンズの焦点距離は、前記第1偏光発散ウォラストン・プリズムの境界面にあることを特徴とする光スイッチ。

7. 請求項6において、前記入射周波数発散要素の前方に位置させた第3偏光発散要素であって、該第3偏光発散要素の入力は前記第1および第2入力信号であり、前記第3偏光発散要素からの出力は前記第1および第2入力信号としてのビーム対であり、該ビーム対の一方のビームは偏光に依存して横方向に変位する第3偏光発散要素と、

前記出射周波数発散要素の後方に位置させた第4偏光発散要素と、

前記ビーム対の一方のビームの経路のみに位置させた1/2波長板とをさらに備えたことを特徴とする光スイッチ。

8. 請求項7において、前記第3および第4偏光発散要素は、複屈折結晶である

ことを特徴とする光スイッチ。

9. 請求項7において、前記1/2波長板は、前記横方向に変位されたビームの経路のみに配置してあることを特徴とする光スイッチ。

10. 請求項7において、前記収束レンズの一方側に隣接して配置したもう1つの1/2波長板であって、前記発散された光ビームを受け、前記ビーム対の一方

の経路のみに配置した1/2波長板をさらに備えたことを特徴とする光スイッチ

。 11. 請求項10において、前記第4偏光発散要素の入力側に隣接して配置した1/2波長板であって、前記横方向に変位されたビームの各経路にのみそれぞれ配置した1/2波長板をさらに備えたことを特徴とする光スイッチ。

12. 入力光信号を受信し、受信された光信号を該光信号の周波数に従って発散させ、発散された光ビームにするための周波数発散要素と、

前記発散された光ビームを受ける集束レンズと、

偏光発散要素と、

個々に制御される複数のセグメントを有し、前記収束レンズの焦点距離に実質的に配置したセグメント化された偏光変調器であって、前記発散された光ビームの個々の要素の偏光特性を選択的に制御するセグメント化された偏光変調器と、

該セグメント化された偏光変調器を通った後の発散された光ビームを再結合して出力ビームにする再結合手段と

を備えたことを特徴とする光スイッチ。

13. 請求項12において、前記再結合手段は、前記発散された光ビームを反射させて、前記セグメント化された偏光変調器と、前記偏光発散要素と、前記周波数発散要素を通過させるレフレクタ手段を備えたことを特徴とする光スイッチ。

14. 請求項12において、前記再結合手段は、

前記セグメント化された偏光変調器から受けた前記発散されたビームの個々の要素を、偏光に依存して、空間的に変位させるための第2偏光発散要素と、

第2レンズと、

第2周波数発散要素と

を備えたことを特徴とする光スイッチ。

15. 請求項12において、前記周波数発散要素は格子であり、

前記セグメント化された偏光変調器は、液晶変調器を備えたことを特徴とする光スイッチ。

16. 請求項12において、前記周波数発散要素の前方に配置した第2偏光発散

要素であって、該第2偏光発散要素のみからの横方向に変位されたビームの経路に配置した1/2波長板を含む第2偏光発散要素をさらに備えたことを特徴とする光スイッチ。

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US94/05976
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(5) : G02F 1/13, 1/03; H04J 14/06, 14/02; G02B 6/26 US CL : 359/39, 122, 124, 128, 245, 246; 385/17 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 359/39, 94, 122, 124, 128, 245, 246, 494, 496, 615; 385/17, 37 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 62-305152, (Nishio et al) 01 December 1987, see fig 1, pp. 6, lines 7-27. pp. 4 lines 5-11.	1-11,13
Y	Applied Optics, 01 June 1982, Shirasaki et al., "Bistable Magneto-optic Switch For Multimode Optical Fiber, See entire document.	1-11,13
Y	US, A, 3,536,375, (Mansell) 27 October 1970 See entire document	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later documents published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 JULY 1994		Date of mailing of the international search report JUL 13 1994
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 308-1753		Authorized officer KENNETH PARKER <i>J. Macaluso</i> Telephone No. (703) 305-3029

---

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE,  
DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M  
C, NL, PT, SE), CA, JP

(72)発明者 シルバーバーグ, ヤロン  
アメリカ合衆国 08550 ニュージャージー  
ー州 ウェスト ウィンザー タウンシッ  
プ ナッソー ブレイス 39